

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-323265

(43) 公開日 平成5年(1993)12月7日

(51) Int. Cl. ^s	識別記号	F I
G02F 1/13	505	7348-2K
G02B 27/28	Z	9120-2K
G02F 1/1347		7348-2K

審査請求 未請求 請求項の数9 (全9頁)

(21) 出願番号 特願平4-132356

(22) 出願日 平成4年(1992)5月25日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72) 発明者 木村 一夫

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 野口 一博

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 松本 隆男

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

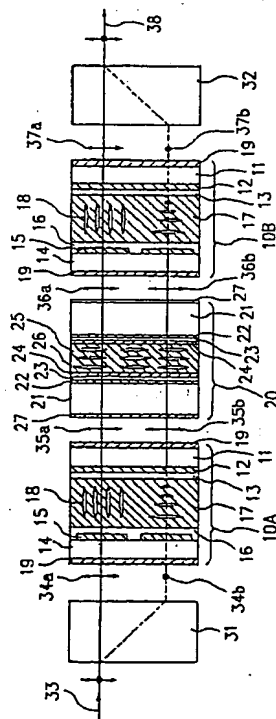
(74) 代理人 弁理士 吉田 精孝

(54) 【発明の名称】 偏波無依存型波長可変フィルタ

(57) 【要約】

【目的】 小型化が容易で、しかも歩留まりが高い偏波無依存型波長可変フィルタを実現する。

【構成】 入射光を方解石31で常光成分及び異常光成分に分離し、該常光成分及び異常光成分を位相差板10Aを通過させることにより、その偏光方向をファブリペロ-共振器型波長可変液晶フィルタ20の液晶分子の配向方向に一致した方向に揃え、該液晶フィルタ20を通過させてその波長を変更し又は変更せず、その後、前記常光成分及び異常光成分を位相差板10Bを通過させることにより、その偏光方向を位相差板10Aの入射前の状態とし、さらに両成分を方解石32で1つの光ビームに合成するようになした。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 透明電極、半透明ミラー及び配向膜を設けた 2 枚の透明基板をある一定の間隔を隔てて互いに対向させてセルを構成し、該セル中に液晶を、前記 2 枚の透明基板界面での分子配向が基板と平行になり且つ分子全体が同一方向を向くよう処理して封入し、前記透明電極に電圧を印加することにより液晶分子の配向状態を変化させてその屈折率を変え、透過光の共振波長を可変となしたファブリペロー共振器型波長可変液晶フィルタを具備した偏波無依存型波長可変フィルタにおいて、前記ファブリペロー共振器型波長可変液晶フィルタを、光を常光成分及び異常光成分に分離又は合成する 2 個の偏光ルーティングエレメントと、1/2 波長板として機能する領域及び偏光方向を回転しない領域を空間的に分離した 2 枚の位相差板との間に挟み、入射光を第 1 の偏光ルーティングエレメントで常光成分及び異常光成分に分離し、該常光成分又は異常光成分のいずれか一方を第 1 の位相差板の 1/2 波長板として機能する領域を通過させ、他方を第 1 の位相差板の偏光方向を回転しない領域を通過させてその偏光方向を揃え、前記ファブリペロー共振器型波長可変液晶フィルタを通過させ、その後、前記常光成分又は異常光成分のいずれか一方を第 2 の位相差板の 1/2 波長板として機能する領域を通過させ、他方を第 2 の位相差板の偏光方向を回転しない領域を通過させてその偏光方向を第 1 の位相差板の入射前の状態もしくはこれよりそれぞれ 90 度回転した状態とし、さらに両成分を第 2 の偏光ルーティングエレメントで 1 つの光ビームに合成するようになったことを特徴とする偏波無依存型波長可変フィルタ。

【請求項 2】 第 1 又は第 2 の偏光ルーティングエレメントのいずれか一方もしくはその両方として、方解石を用いたことを特徴とする請求項 1 記載の偏波無依存型波長可変フィルタ。

【請求項 3】 第 1 又は第 2 の偏光ルーティングエレメントのいずれか一方もしくはその両方として、偏光ビームスプリッタ及びミラーを組合せたユニットを用いたことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の偏波無依存型波長可変フィルタ。

【請求項 4】 位相差板として、複数の電極を有するツイストネマチック液晶セルを用いたことを特徴とする請求項 1 乃至 3 いずれか記載の偏波無依存型波長可変フィルタ。

【請求項 5】 位相差板として、複数の電極を有する強誘電性液晶セルを用いたことを特徴とする請求項 1 乃至 3 いずれか記載の偏波無依存型波長可変フィルタ。

【請求項 6】 位相差板として、複数の電極を有する強誘電性液晶セルを複数枚重ねて用いたことを特徴とする請求項 1 乃至 3 いずれか記載の偏波無依存型波長可変フィルタ。

【請求項 7】 複数の電極にそれぞれ異なる電圧を印加することにより、その空間的な位相特性を任意に変化可能としたことを特徴とする請求項 4 乃至 6 いずれか記載の偏波無依存型波長可変フィルタ。

【請求項 8】 位相差板として、水晶、一軸性結晶又は旋光性結晶のいずれかからなる 1/2 波長板及び該 1/2 波長板に近い屈折率を有する透明媒質を組合せたユニットを用いたことを特徴とする請求項 1 乃至 3 いずれか記載の偏波無依存型波長可変フィルタ。

10 【請求項 9】 請求項 1 乃至 8 いずれか記載の偏波無依存型波長可変フィルタを複数個、アレイ状に配置し、その各々の透過波長を独立に制御可能となしたことを特徴とする偏波無依存型波長可変フィルタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、波長多重を行う光通信回線の光分波器に用いる偏波無依存型波長可変フィルタに関するものである。

【0002】

20 【従来の技術】 図 2 は従来のこの種の偏波無依存型波長可変フィルタの一例、例えば J. S. Patel and M. W. Maeda "Tunable Polarization Diversity Liquid-Crystal Wavelength Filter" (Photonics Technology Letters, vol. 3, No. 8, 1991, pp739-740) に記載されたものを示す。同図において、光ファイバとレンズから構成されたコリメータ 1 よりの入射光 2 は方解石 3 で常光成分 4 a 及び異常光成分 4 b に分離され、その各々の偏光方向に合致した液晶分子配向を有する 2 つのファブリペロー共振器型波長可変液晶フィルタ 5 a 及び 5 b 内を通過し、この際、その波長が変更され又は変更されず、再度、方解石 6 で合成されて偏波無依存の出射光 7 となり、コリメータ 8 より出射される。

【0003】

30 【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、前述したファブリペロー共振器型波長可変液晶フィルタ 5 a 及び 5 b を構成する液晶分子の配向膜は、フォトリソグラフィ技術を用いてその配向方向を分離しているが、特に液晶分子の配向方向が異なる領域の境界では高精度な配向制御は難しく、その配向領域の微細化が困難であった。このため、偏波を空間的に分離するのに必要なサイズが大きくなり、偏波無依存型波長可変フィルタを小型に構成することが困難であった。また、前記配向膜の作製プロセスは高精度に作製したフォトリソパターンにも拘らず、そのパターン作製後、機械的に摩擦を生ずるラビング行程を経るため、作製したレジストパターンに欠陥が生じ易く、安価に素子を作製することが困難であった。

50 【0004】 本発明は前記従来の問題点に鑑み、小型化が容易で、しかも歩留まりが高い偏波無依存型波長可変フィルタを実現することを目的とする。

【 0 0 0 5 】

【課題を解決するための手段】本発明では前記目的を達成するため、請求項 1 では、透明電極、半透明ミラー及び配向膜を設けた 2 枚の透明基板をある一定の間隔を隔てて互いに対向させてセルを構成し、該セル中に液晶を、前記 2 枚の透明基板界面での分子配向が基板と平行になり且つ分子全体が同一方向を向くよう処理して封入し、前記透明電極に電圧を印加することにより液晶分子の配向状態を変化させてその屈折率を変え、透過光の共振波長を可変としたファブリペロー共振器型波長可変液晶フィルタを具備した偏波無依存型波長可変フィルタにおいて、前記ファブリペロー共振器型波長可変液晶フィルタを、光を常光成分及び異常光成分に分離又は合成する 2 個の偏光ルーティングエレメントと、 $1/2$ 波長板として機能する領域及び偏光方向を回転しない領域を空間的に分離した 2 枚の位相差板との間に挟み、入射光を第 1 の偏光ルーティングエレメントで常光成分及び異常光成分に分離し、該常光成分又は異常光成分のいずれか一方を第 1 の位相差板の $1/2$ 波長板として機能する領域を通過させ、他方を第 1 の位相差板の偏光方向を回転しない領域を通過させてその偏光方向を揃え、前記ファブリペロー共振器型波長可変液晶フィルタを通過させ、その後、前記常光成分又は異常光成分のいずれか一方を第 2 の位相差板の $1/2$ 波長板として機能する領域を通過させ、他方を第 2 の位相差板の偏光方向を回転しない領域を通過させてその偏光方向を第 1 の位相差板の入射前の状態もしくはこれよりそれぞれ 90 度回転した状態とし、さらに両成分を第 2 の偏光ルーティングエレメントで 1 つの光ビームに合成するようになった偏波無依存型波長可変フィルタを提案する。

【 0 0 0 6 】また、請求項 2 では、第 1 又は第 2 の偏光ルーティングエレメントのいずれか一方もしくはその両方として、方解石を用いた請求項 1 記載の偏波無依存型波長可変フィルタ、また、請求項 3 では、第 1 又は第 2 の偏光ルーティングエレメントのいずれか一方もしくはその両方として、偏光ビームスプリッタ及びミラーを組合せたユニットを用いた請求項 1 又は 2 記載の偏波無依存型波長可変フィルタを提案する。

【 0 0 0 7 】また、請求項 4 では、位相差板として、複数の電極を有するツイストネマチック液晶セルを用いた請求項 1 乃至 3 いずれか記載の偏波無依存型波長可変フィルタ、また、請求項 5 では、位相差板として、複数の電極を有する強誘電性液晶セルを用いた請求項 1 乃至 3 いずれか記載の偏波無依存型波長可変フィルタ、また、請求項 6 では、位相差板として、複数の電極を有する強誘電性液晶セルを複数枚重ねて用いた請求項 1 乃至 3 いずれか記載の偏波無依存型波長可変フィルタ、また、請求項 7 では、複数の電極にそれぞれ異なる電圧を印加することにより、その空間的な位相特性を任意に変化可能とした請求項 4 乃至 6 いずれか記載の偏波無依存型波長

可変フィルタを提案する。

【 0 0 0 8 】また、請求項 8 では、位相差板として、水晶、一軸性結晶又は旋光性結晶のいずれかからなる $1/2$ 波長板及び該 $1/2$ 波長板に近い屈折率を有する透明媒質を組合せたユニットを用いた請求項 1 乃至 3 いずれか記載の偏波無依存型波長可変フィルタを提案する。

【 0 0 0 9 】また、請求項 9 では、請求項 1 乃至 8 いずれか記載の偏波無依存型波長可変フィルタを複数個、アレイ状に配置し、その各々の透過波長を独立に制御可能とした偏波無依存型波長可変フィルタを提案する。

【 0 0 1 0 】

【作用】ホメオトロピック配向させたネマチック液晶を用いたファブリペロー共振器型波長可変液晶フィルタは原理的に偏光依存性があるため、従来は偏光子を用いて該液晶フィルタの液晶分子配向方向の偏光成分のみを通過させて使用し、残りの偏光成分は損失としていた。また、前記液晶フィルタの入射光がある方向に偏った偏光であり、その偏光方向が時間的に変動するような場合では、前記偏光子を通過する光の強度が時間的に変動し、一定の強度の光フィルタ出力を得ることが困難であった。

【 0 0 1 1 】本発明の請求項 1 によれば、従来、損失として作用していた偏光成分も光路を空間的に分離し、位相差板で偏光方向を揃えてファブリペロー共振器型波長可変液晶フィルタ内を通過させる構成としたため、損失とはならず、低損失、偏波無依存の波長可変フィルタを構成できる。

【 0 0 1 2 】また、請求項 2 の偏光ルーティングエレメントによれば、方解石を用いたことにより小型に構成でき、また、請求項 3 の偏光ルーティングエレメントによれば、偏光ビームスプリッタを用いたことにより安価に構成できる。

【 0 0 1 3 】また、請求項 4 乃至 7 記載の位相差板によれば、複数の電極を有し、その電極間隔はあるピッチにパターンニングされているため、そのそれぞれの電極電圧を制御すれば、少なくともパターンニングした電極ピッチの倍ピッチの $1/2$ 波長板を空間的に配列した位相差板を容易に実現でき、例えばその位相差板の電極ピッチと一致したピッチで空間的に分離されて入射した常光成分及び異常光成分の偏光方向を容易に一方に揃えることができる。従って、ファブリペロー共振器型波長可変液晶フィルタに対して最適な偏光方向の偏光を入射することができ、さらにその液晶フィルタから常光成分及び異常光成分を元の偏光状態に復元することが可能である。また、前記位相差板の電極ピッチを $10\mu\text{m}$ 程度に作製することは容易に実現できるため、本発明の波長可変フィルタでは、例えば 1cm に 1000 チャンネルの空間多重化が可能となり、そのサイズを大幅に小型化することができる。さらに、前記位相差板は空間的な位相特性を、パターンニングした電極電圧をそれぞれ変えることに

より、任意に変えることができ、広い波長範囲の光に対して良好な位相特性を実現することができる。さらに、液晶を用いたため、消費電力も小さく、歩留りも高く、安価に構成できる特徴がある。

【0014】また、請求項8の位相差板によれば、1/2波長板として天然結晶を含むため、構成を簡単に行うことができる。

【0015】また、請求項9によれば、偏波無依存型波長可変フィルタをアレイ化することにより、多数のチャネルを有する光分波器を小型に実現できる。

【0016】

【実施例】図1は本発明の第1の実施例を示すもので、図中、10A、10Bは位相差板、20はファブリペロー共振器型波長可変液晶フィルタ、31、32は偏光ルーティングエレメント、ここでは方解石である。

【0017】入射光33は方解石31により常光成分34a及び異常光成分34bに分離される。分離された常光成分34a及び異常光成分34bは位相差板10Aに入射し、それぞれ別々の位相変化を受け、ファブリペロー共振器型波長可変液晶フィルタ20に入射する直前に、その両者の偏光方向を該ファブリペロー共振器型波長可変液晶フィルタ20の液晶分子の配向方向に一致した方向に揃える。

【0018】ここで、前記位相変化を与える位相差板10Aはツイストネマチック液晶セルと同一構造であり、それはガラス基板11上に透明電極で作製した共通電極12及び配向膜13を堆積した基板と、もう一枚のガラス基板14上に駆動電極となるパターンニングした透明電極15及び配向膜16を堆積した基板とを、基板界面での液晶配向方向が直交するように配向処理し、ある一定間隔を隔てて対向させ、その中にネマチック液晶17（なお、18はその液晶分子の配向状態を表している。）を封入して構成したものである。また、該位相差板10Aのセルの両面には無反射コート19が施され、透過光の反射による損失を低減している。

【0019】前記位相差板10Aの駆動電極15及び共通電極12間に交流あるいは直流電圧を印加することにより、その電極間に挟まれた液晶分子の配向状態を変化させることができ、一枚の位相差板において、光学異方性の異なる領域をパターンニングした電極数だけ空間的に分離することができる。本位相差板10Aでは、電圧を印加しない領域の液晶はツイスト配向状態となり、入射偏光の偏光方向を90度回転させる1/2波長板として機能し、また、電圧を印加した領域の液晶はホメオトロピック配向状態となり、入射偏光に対してその光学異方性が現れず、透明媒質として機能する。さらに、駆動電極15及び共通電極12間の電圧を制御することにより、その電極間に挟まれた液晶の位相特性を容易に且つ任意に制御することができ、広い波長範囲の入射光に対して最適な位相差板として機能させることができる。

【0020】前記位相差板10Aにより偏光方向が揃えられた常光成分35a及び異常光成分35bはファブリペロー共振器型波長可変液晶フィルタ20に入射される。

【0021】ここで、ファブリペロー共振器型波長可変液晶フィルタ20は、ガラス基板21上に透明電極22、半透明ミラー23及び配向膜24を堆積した基板を2枚、それぞれ基板界面での液晶分子が平行になるように配向膜24を配向処理し、ある一定間隔を隔てて互いに対向させてセルを構成し、その中に屈折率異方性を有したネマチック液晶25（なお、26はその液晶分子の配向状態を表している。）を封入して構成したものである。また、該ファブリペロー共振器型波長可変液晶フィルタ20の両面には無反射コート27が施され、透過光の反射による損失を低減している。該ファブリペロー共振器型波長可変液晶フィルタ20では、透明電極22、22間に電圧を印加することにより、液晶の分子配向をホモジニアス配向状態からホメオトロピック配向状態に変化させ、その液晶媒質の屈折率を変化させて、透過する共振波長を可変とする。

【0022】ファブリペロー共振器型波長可変液晶フィルタ20を透過した常光成分36a及び異常光成分36bは偏光方向が揃っているため、位相差板10Bで位相差板10Aに入射する前の偏光状態に復元する。該位相差板10Bは位相差板10Aと同一の構成を有し、その空間的な位相特性も位相差板10Aと同一である。

【0023】位相差板10Bで偏光状態を元の状態に復元された常光成分37a及び異常光成分37bは方解石32によって合成され、出射光38となる。

【0024】図3は本発明の第2の実施例を示すもので、ここでは第1の実施例において位相差板10Bの代りに、その空間的な位相特性が該位相差板10Bと逆になるように構成された位相差板10Cを配置した例を示す。即ち、本構成によれば、位相差板10Cを通過した常光成分37a'及び異常光成分37b'は、その偏光方向が第1の実施例の場合と90度異なり、これによって方解石32を通過する際の光路が位相差板10Aを通過する際と逆になり、入射光33及び出射光39間における常光成分の光路長と異常光成分の光路長とが等しくなり、常光成分及び異常光成分間の光路差による位相差を低減でき、高速に変調された入射光に対しても良好なフィルタ特性を実現できる。

【0025】図4は本発明の第3の実施例を示すもので、ここでは第2の実施例において他の構成の位相差板を用いた例を示す。即ち、図中、40A、40Bは位相差板であり、水晶を用いた1/2波長板41と、該1/2波長板41の屈折率に近い屈折率を有するガラス板42とを接着し、さらにその両面に無反射コート43を施してなっている。この位相差板40A、40Bの空間的な位相特性は固定であるが、透過する光の波長可変範囲

が小さい領域では良好に動作させることができる。なお、前記 1 / 2 波長板 4 1 としては、水晶以外にも雲母や方解石に代表される一軸性結晶、旋光性結晶等の材料を用いることができる。

【 0 0 2 6 】また、第 1、第 2 及び第 3 の実施例では、入射光 3 3 の入射位置と、出射光 3 8 又は 3 9 の出射位置と、位相差板 1 0 A もしくは 4 0 A と、位相差板 1 0 B 又は 1 0 C もしくは 4 0 B との間で位置合せが必要となるが、それぞれに合せマークを設けることにより数 μ m の精度で位置合せが実現できる。さらにまた、第 1、第 2 及び第 3 の実施例では、常光成分及び異常光成分は空間的に分離された光路を通過するが、その光路は近接させることができるため、位相差板 1 0 A、1 0 B、1 0 C のセル厚や液晶分子の配向ムラ等の光学特性のバラツキを最小限に押さえることができ、安定に動作する偏波無依存型波長可変フィルタを実現することができる。

【 0 0 2 7 】図 5 は位相差板の他の構成例、ここでは表面配向型強誘電性液晶セルを用いて実現した例を示すもので、同図 (a) はその正面図、同図 (b) はその側面図を示す。即ち、本位相差板は、ガラス基板 5 1 上に透明電極で作製した共通電極 5 2 及び配向膜 5 3 を堆積した基板と、もう一枚のガラス基板 5 4 上に駆動電極となるパターンニングした透明電極 5 5 及び配向膜 5 6 を堆積した基板とを、基板界面での液晶配向方向が平行になるように配向処理し、ある一定間隔を隔てて対向させ、その中に強誘電性液晶 5 7 (なお、5 8 a、5 8 b はその液晶分子の配向状態を表している。) を封入して構成されている。また、本位相差板のセルの両面には無反射コート 5 9 が施され、透過光の反射による損失を低減している。

【 0 0 2 8 】本位相差板の駆動電極 5 5 及び共通電極 5 2 間に正又は負のパルス電圧を印加することにより、その電極間に挟まれた液晶分子の配向状態を変化させることができ、一枚の位相差板において、光学異方性の異なる領域を空間的に分離することができる。本位相差板では、正のパルス電圧を印加した領域の液晶は符号 5 8 b に示すような配向状態となり、入射偏光の偏光方向を 9 0 度回転させる 1 / 2 波長板として機能し、また、負のパルス電圧を印加した領域の液晶は符号 5 8 a に示すような配向状態となり、入射偏光に対してその光学異方性が出現せず、透明媒質として機能する。

【 0 0 2 9 】なお、本実施例では、位相差板としての強誘電性液晶セルを 1 枚で構成する例を示したが、光フィルタの透過光の波長に合わせて、複数枚重ねて位相差板を構成することも可能である。

【 0 0 3 0 】図 6 は第 1 の実施例における方解石 3 1、3 2 の他の構成例を示すもので、ここでは偏光ビームスプリッタ 6 1、6 2 及びミラー 6 3、6 4 を用いて構成した例を示す。入射光 6 5 は偏光ビームスプリッタ 6 1 で常光成分 6 6 a 及び異常光成分 6 6 b に分離され、異

常光成分 6 6 b はミラー 6 3 で反射され、常光成分 6 6 a と平行の光路を通る。さらに、異常光成分 6 6 b はミラー 6 4 で反射され、偏光ビームスプリッタ 6 2 で常光成分 6 6 a と合成され、出射光 6 7 となる。

【 0 0 3 1 】図 7 は第 2 又は第 3 の実施例における方解石 3 1、3 2 の他の構成例を示すもので、ここでは偏光ビームスプリッタ 7 1、7 2 及びミラー 7 3、7 4 を用いて構成した例を示す。入射光 7 5 は偏光ビームスプリッタ 7 1 で常光成分 7 6 a 及び異常光成分 7 6 b に分離され、異常光成分 7 6 b はミラー 7 3 で反射され、常光成分 7 6 a と平行の光路を通る。位相差板 1 0 C 又は 4 0 B (但し、図 7 中には図示せず) により偏光方向が 9 0 度回転された常光成分 7 7 a はミラー 7 4 で反射され、偏光ビームスプリッタ 7 2 で異常光成分 7 7 b と合成され、出射光 7 8 となる。

【 0 0 3 2 】図 6 又は 7 に示した偏光ルーティングエレメントを用いる場合、偏光ビームスプリッタ 6 1、6 2 又は 7 1、7 2 と、ミラー 6 3、6 4 又は 7 3、7 4 と、入射光 6 5 又は 7 5 の入射位置と、出射光 6 7 又は 7 8 の出射位置と、位相差板 1 0 A もしくは 4 0 A 並びに位相差板 1 0 B 又は 1 0 C もしくは 4 0 B (但し、図 6 又は図 7 中には図示せず) との間で位置合せが必要となるが、これらの全てに合せマークを設けることにより数 μ m 程度の精度で位置合せが実現できる。

【 0 0 3 3 】図 8 は本発明の第 4 の実施例を示すもので、ここでは第 1 の実施例に示した偏波無依存型波長可変フィルタを 4 (2 × 2) チャネル並列に構成した例を示す。即ち、本波長可変フィルタは、方解石 8 1、8 2 と、液晶を用いた位相差板モジュール 8 3、8 4 と、ファブリペロー共振器型波長可変液晶フィルタモジュール 8 5 と、光ファイバアレイ及びコリメータレンズより構成された光ファイバアレイモジュール 8 6、8 7 とからなっている。

【 0 0 3 4 】光ファイバアレイモジュール 8 6 から入射される光は、方解石 8 1 で常光成分 8 8 a 及び異常光成分 8 8 b に分離される。位相差板モジュール 8 3 の位相特性は、各チャネル毎に設けた駆動電極 8 3 1、8 3 2 の印加電圧を制御することにより制御でき、常光成分 8 8 a 及び異常光成分 8 8 b の偏光方向をファブリペロー共振器型波長可変液晶フィルタモジュール 8 5 に入射する前に揃える。ファブリペロー共振器型波長可変液晶フィルタモジュール 8 5 では、各チャネル毎に設けた波長制御電極 8 5 1 の電圧を変えることにより、各チャネル毎に独立に制御する如くになっている。ファブリペロー共振器型波長可変液晶フィルタモジュール 8 5 から出射された常光成分 8 9 a 及び異常光成分 8 9 b は、第 1 の実施例の場合と同様に位相差板モジュール 8 4 で元の偏光に戻され、方解石 8 2 で合成されて光ファイバアレイモジュール 8 7 から出射される。

【 0 0 3 5 】図 9 は本発明の第 5 の実施例を示すもの

で、ここでは第 2 の実施例に示した偏波無依存型波長可変フィルタを 4 (2 × 2) チャンネル並列に構成した例を示す。即ち、図中、9 0 は液晶を用いた位相差板モジュールであり、その位相特性は第 4 の実施例における位相差板モジュール 8 4 と逆になるように構成されており、各チャンネル毎に設けた駆動電極 9 0 1 , 9 0 2 の印加電圧を制御することにより制御する如くなっている。本構成によれば、位相差板モジュール 9 0 を通過した常光成分 8 9 a 及び異常光成分 8 9 b は、その偏光方向が第 4 の実施例の場合と 9 0 度異なり、これによって方解石 8 2 を通過する際の光路が位相差板 8 3 を通過する際と逆になり、入射光及び出射光間における常光成分の光路長と異常光成分の光路長とが等しくなり、常光成分及び異常光成分間の光路差による位相差を低減でき、高速に変調された入射光に対しても良好なフィルタ特性を実現できる。なお、その他の構成・作用は第 4 の実施例と同様である。

【 0 0 3 6 】 前述した第 4 及び第 5 の実施例において、液晶を用いた位相差板モジュール 8 3 , 8 4 , 9 0 と、ファブリペロー共振器型波長変換液晶フィルタモジュール 8 5 とは、それぞれ制御電極をフォトリソグラフィ技術を用いて作製できるため、1枚のセル中に多数の電極を同時に実現でき、多チャンネル化に適している。さらに、これらは数 mm の厚さで実現できるため、容易に積層でき、多チャンネルの波長可変フィルタを小型に構成できる。

【 0 0 3 7 】 なお、第 4 及び第 5 の実施例では 2 × 2 チャンネルの構成例を示したが、同様な構成で M × N チャンネル (M , N は自然数) の偏波無依存型波長可変フィルタを構成できることはいうまでもない。

【 0 0 3 8 】

【 発明の効果 】 以上説明したように本発明の請求項 1 によれば、空間的に分離した常光成分及び異常光成分を位相差板で偏光方向を揃えてファブリペロー共振器型波長可変液晶フィルタ内を通過させる構成としたため、従来のようにファブリペロー共振器型波長可変液晶フィルタを常光成分及び異常光成分に対応させて分離した構造とする必要がなく、従って、小型化が容易となり、しかも歩留まりを高めることができる。

【 0 0 3 9 】 また、本発明の請求項 2 によれば、方解石を用いたことにより、偏光ルーティングエレメントを小型に構成でき、また、請求項 3 によれば、偏光ビームスプリッタを用いたことにより安価に構成できる。

【 0 0 4 0 】 また、本発明の請求項 4 乃至 7 によれば、微細加工可能な液晶構成の位相差板を用いたことにより、そのサイズを大幅に小型化することができ、また、消費電力も小さくできる。

【 0 0 4 1 】 また、本発明の請求項 8 によれば、1 / 2 波長板として天然結晶を含む位相差板を用いたことにより、構成を簡単にすることができる。

【 0 0 4 2 】 また、本発明の請求項 9 によれば、偏波無依存型波長可変フィルタをアレイ化することにより、多数のチャンネルを有する光分波器を小型に実現できる。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明の偏波無依存型波長可変フィルタの第 1 の実施例を示す構成図

【 図 2 】 従来の偏波無依存型波長可変フィルタの一例を示す構成図

【 図 3 】 本発明の偏波無依存型波長可変フィルタの第 2 の実施例を示す構成図

【 図 4 】 本発明の偏波無依存型波長可変フィルタの第 3 の実施例を示す構成図

【 図 5 】 本発明の位相差板の他の構成例を示す図

【 図 6 】 本発明の第 1 の実施例における方解石の他の構成例を示す図

【 図 7 】 本発明の第 2 又は第 3 の実施例における方解石の他の構成例を示す図

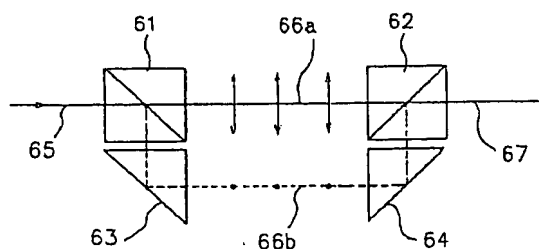
【 図 8 】 本発明の偏波無依存型波長可変フィルタの第 4 の実施例を示す構成図

【 図 9 】 本発明の偏波無依存型波長可変フィルタの第 5 の実施例を示す構成図

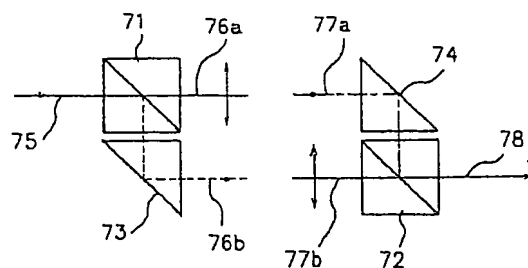
【 符号の説明 】

1 0 A , 1 0 B , 1 0 C , 4 0 A , 4 0 B … 位相差板、
2 0 … ファブリペロー共振器型波長可変液晶フィルタ、
3 1 , 3 2 , 8 1 , 8 2 … 方解石、8 3 , 8 4 , 9 0 …
位相差板モジュール、8 5 … ファブリペロー共振器型波長可変液晶フィルタモジュール。

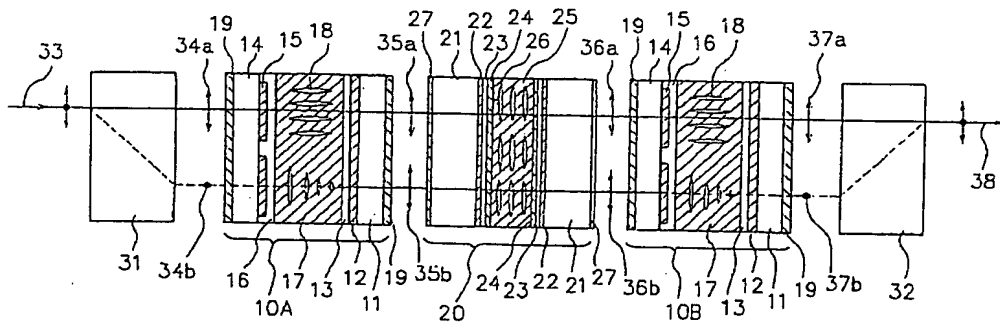
【 図 6 】



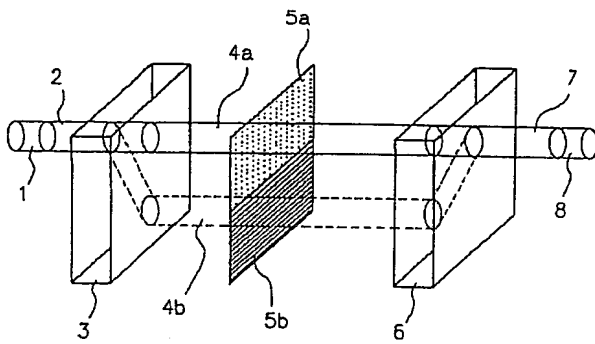
【 図 7 】



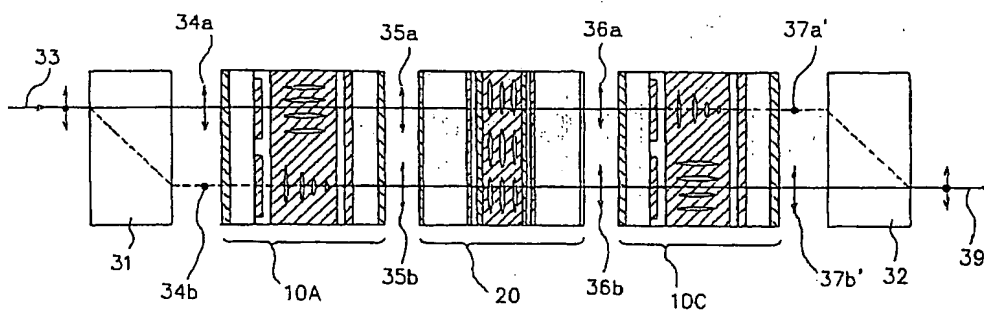
【図 1】



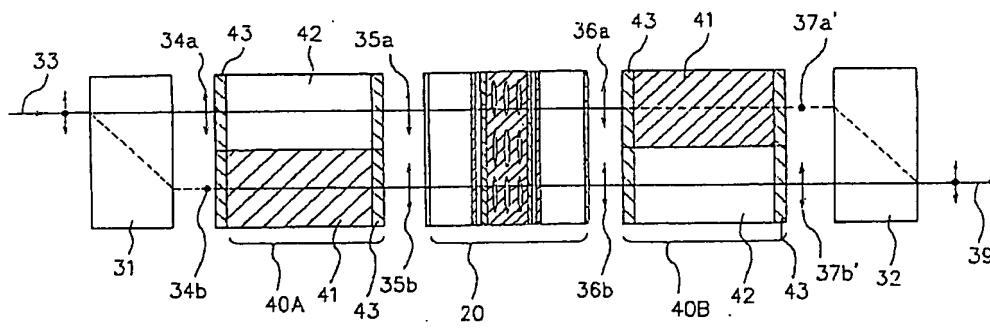
【図 2】



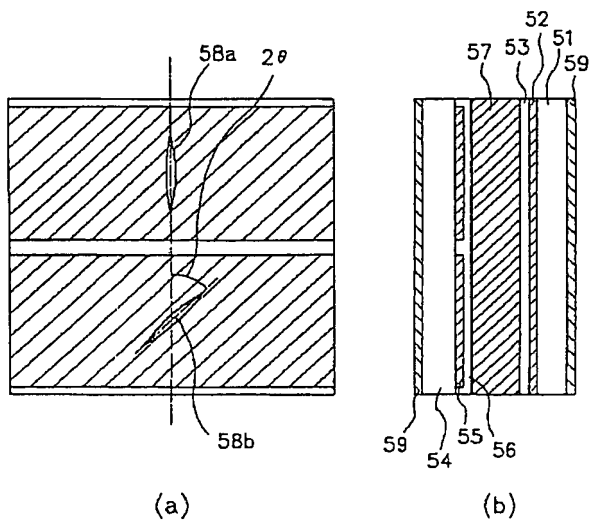
【図 3】



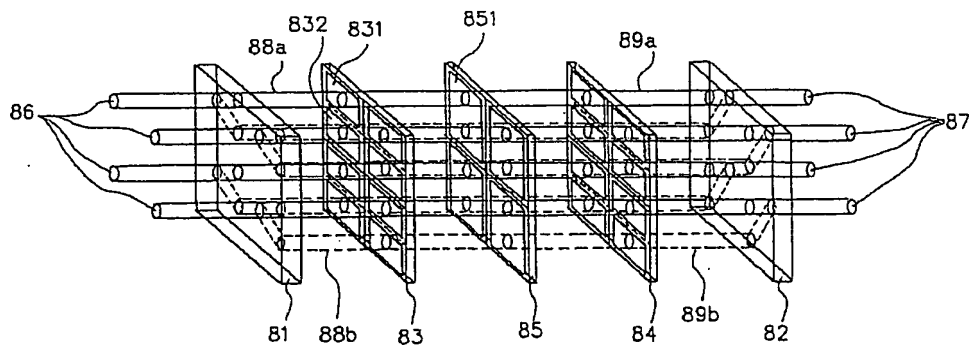
【図 4】



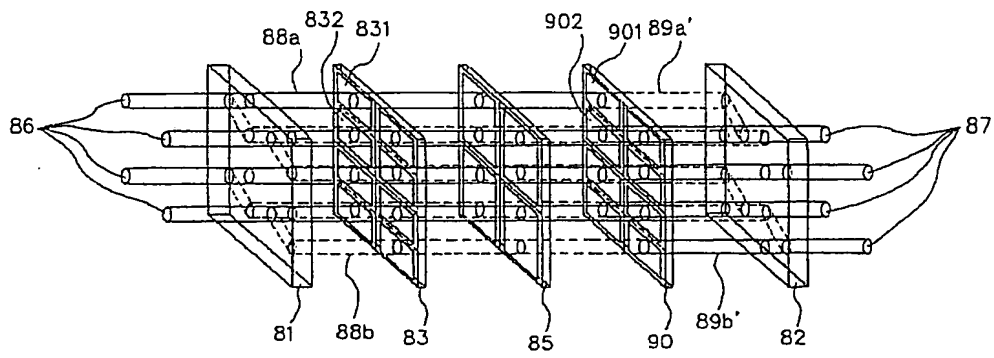
【図 5】



【図 8】



【図 9】



THIS PAGE BLANK (USPTO)